



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 50 672.4

Anmeldetag: 17. Oktober 2001

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: System und Verfahren zur hochperformanten Daten-
kommunikation in Kommunikationssystemen, insbe-
sondere Real-time Ethernet und/oder Ethernet

IPC: H 04 L, G 08 C, G 06 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 25. Juli 2003
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident
Im Auftrag

Sieck

Beschreibung

System und Verfahren zur hochperformanten Datenkommunikation
in Kommunikationssystemen, insbesondere Real-time Ethernet
5 und/oder Ethernet

Die Erfindung bezieht sich auf ein System und Verfahren zur
hochperformanten Datenkommunikation in Kommunikationssyste-
men, insbesondere Real-time Ethernet und/oder Ethernet.

10

Unter einem synchronen, getakteten Kommunikationssystem mit
Äquidistanz-Eigenschaften versteht man ein System aus wenigstens
zwei Teilnehmern, die über ein Datennetz zum Zweck des gegenseitigen
Austausches von Daten bzw. der gegenseitigen
15 Übertragung von Daten miteinander verbunden sind. Dabei erfolgt
der Datenaustausch zyklisch in äquidistanten Kommunikationszyklen,
die durch den vom System verwendeten Kommunikationstakt vorgegeben
werden. Ein äquidistanter deterministischer zyklischer Datenaustausch
in Kommunikationssystemen basiert auf einer gemeinsamen Takt- bzw.
20 Zeitbasis aller an der Kommunikation beteiligten Komponenten. Die
Takt- bzw. Zeitbasis wird von einer ausgezeichneten Komponente
(Taktschläger) zu den anderen Komponenten übertragen. Bei isochro-
nem Real-time-Ethernet wird der Takt bzw. die Zeitbasis von einem
Synchronisationsmaster durch das Senden von Synchronisationstele-
25 grammen vorgegeben. Teilnehmer sind beispielsweise zentrale
Automatisierungsgeräte, Programmier-, Projektierungs- oder
Bediengeräte, Peripheriegeräte wie z.B. Ein-/ Ausgabe-
Baugruppen, Antriebe, Aktoren, Sensoren, speicherprogrammier-
bare Steuerungen (SPS) oder andere Kontrolleinheiten, Compu-
30 ter, oder Maschinen, die elektronische Daten mit anderen Ma-
schinen austauschen, insbesondere Daten von anderen Maschinen
verarbeiten. Teilnehmer werden auch Netzwerkknoten oder Kno-
ten genannt. Unter Kontrolleinheiten werden im folgenden Reg-
35 ler- oder Steuerungseinheiten jeglicher Art verstanden, aber
auch beispielsweise Switches und/oder Switch-Controller. Als
Datennetze werden beispielsweise Bussysteme wie z.B. Feldbus,

Profibus, Ethernet, Industrial Ethernet, FireWire oder auch PC-interne Bussysteme (PCI), etc., insbesondere aber auch isochrones Real-time Ethernet verwendet.

- 5 Datennetze ermöglichen die Kommunikation zwischen mehreren Teilnehmern durch die Vernetzung, also Verbindung der einzelnen Teilnehmer untereinander. Kommunikation bedeutet dabei die Übertragung von Daten zwischen den Teilnehmern. Die zu übertragenden Daten werden dabei als Datentelegramme verschickt, d.h. die Daten werden zu mehreren Paketen zusammengepackt und in dieser Form über das Datennetz an den entsprechenden Empfänger gesendet. Man spricht deshalb auch von Datenpaketen. Der Begriff Übertragung von Daten wird dabei hier synonym zur oben erwähnten Übertragung von Datentelegrammen oder Datenpaketen verwendet.

- In verteilten Automatisierungssystemen, beispielsweise im Bereich Antriebstechnik, müssen bestimmte Daten zu bestimmten Zeiten bei den dafür bestimmten Teilnehmern eintreffen und von den Empfängern verarbeitet werden. Man spricht dabei von echtzeitkritischen Daten bzw. Datenverkehr, da ein nicht rechtzeitiges Eintreffen der Daten am Bestimmungsort zu unerwünschten Resultaten beim Teilnehmer führt, im Gegensatz zur nicht echtzeitkritischen, beispielsweise inter- bzw. intranetbasierten Datenkommunikation. Gemäss IEC 61491, EN61491 SERCOS interface - Technische Kurzbeschreibung (http://www.sercos.de/deutsch/index_deutsch.htm) kann ein erfolgreicher echtzeitkritischer Datenverkehr der genannten Art in verteilten Automatisierungssystemen gewährleistet werden.

- 30 Automatisierungskomponenten (z.B. Steuerungen, Antriebe,...) verfügen heute im Allgemeinen über eine Schnittstelle zu einem zyklisch getakteten Kommunikationssystem. Eine Ablaufebe- ne der Automatisierungskomponente (Fast-cycle) (z.B. Lagere- gelung in einer Steuerung, Drehmomentregelung eines Antriebs) ist auf den Kommunikationszyklus synchronisiert. Dadurch wird der Kommunikationstakt festgelegt. Andere, niederperformante

Algorithmen (Slow-cycle) (z.B. Temperaturregelungen) der Automatisierungskomponente können ebenfalls nur über diesen Kommunikationstakt mit anderen Komponenten (z.B. Binärschalter für Lüfter, Pumpen,...) kommunizieren, obwohl ein langsamerer Zyklus ausreichend wäre. Durch Verwendung nur eines Kommunikationstaktes zur Übertragung von allen Informationen im System entstehen hohe Anforderungen an die Bandbreite der Übertragungsstrecke.

10 Für die Prozesssteuerung und -überwachung in der automatisierten Fertigung und insbesondere bei digitalen Antriebstechniken sind sehr schnelle und zuverlässige Kommunikationssysteme mit vorhersagbaren Reaktionszeiten erforderlich.

15 In der deutschen Patentanmeldung DE 100 58 524.8 ist ein System und ein Verfahren zur Übertragung von Daten über schaltbare Datennetze, insbesondere das Ethernet, offenbart, das einen Mischbetrieb von echtzeitkritischer und nichtechtzeitkritischer, insbesondere Inter- bzw. Intranet basierter Datenkommunikation erlaubt. Dies ermöglicht sowohl eine echtzeitkritische (RT; Real-Time) als auch eine nicht echtzeitkritische Kommunikation (NRT; Non-Real-Time) in einem schaltbaren Datennetz, bestehend aus Teilnehmern und Koppereinheiten, beispielsweise eines verteilten Automatisierungssystems, durch einen zyklischen Betrieb. In einem so genannten Übertragungszyklus existiert für alle Teilnehmer und Koppereinheiten des schaltbaren Datennetzes jeweils wenigstens ein Bereich zur Übermittlung echtzeitkritischer und wenigstens ein Bereich zur Übermittlung nicht echtzeitkritischer Daten, wodurch die echtzeitkritische von der nicht echtzeitkritischen Kommunikation getrennt wird. Da alle Teilnehmer und Koppereinheiten immer auf eine gemeinsame Zeitbasis synchronisiert sind, finden die jeweiligen Bereiche zur Übermittlung von Daten für alle Teilnehmer und Koppereinheiten jeweils zum selben Zeitpunkt statt, d.h. die echtzeitkritische Kommunikation findet zeitlich unabhängig von der nicht echtzeitkritischen Kommunikation statt und wird deshalb nicht von dieser beein-

flusst. Die echtzeitkritische Kommunikation wird im Voraus geplant. Einspeisen der Datentelegramme beim originären Sender sowie deren Weiterleitung mittels der beteiligten Koppereinheiten erfolgt zeitbasiert. Durch Zwischenspeicherung in den jeweiligen Koppereinheiten wird erreicht, dass zu beliebiger Zeit auftretende, spontane, internetfähige, nicht echtzeitkritische Kommunikation in den für die nicht echtzeitkritische Kommunikation vorgesehenen Übertragungsbereich eines Übertragungszyklus verschoben und auch nur dort übertragen wird.

In dieser Anmeldung ist die Ausprägung eines prinzipiellen Aufbaus eines Übertragungszyklus der in zwei Bereiche aufgeteilt ist, beispielhaft dargestellt. Ein Übertragungszyklus ist in einen ersten Bereich, der zur Übertragung echtzeitkritischer Daten vorgesehen ist, und einen zweiten Bereich, der zur Übertragung nicht echtzeitkritischer Daten vorgesehen ist, aufgeteilt. Die Länge des dargestellten Übertragungszyklus symbolisiert dessen zeitliche Dauer, die vorteilhafterweise je nach Anwendungszweck beispielsweise zwischen einigen Mikrosekunden und einigen Sekunden beträgt. Die Zeitdauer eines Übertragungszyklus ist veränderbar, wird aber vor dem Zeitpunkt der Datenübertragung, beispielsweise durch einen Steuerungsrechner wenigstens einmal festgelegt und ist für alle Teilnehmer und Koppereinheiten des schaltbaren Datennetzes jeweils gleich lang. Die Zeitdauer eines Übertragungszyklus und/oder die Zeitdauer des ersten Bereichs, der zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten vorgesehen ist, kann jederzeit, beispielsweise zu vorher geplanten, festen Zeitpunkten und/oder nach einer geplanten Anzahl von Übertragungszyklen, vorteilhafterweise vor Beginn eines Übertragungszyklus verändert werden, indem der Steuerungsrechner beispielsweise auf andere geplante, echtzeitkritische Übertragungszyklen umschaltet. Darüber hinaus kann der Steuerungsrechner jederzeit im laufenden Betrieb eines Automatisierungssystems je nach Erfordernis Neuplanungen der Echtzeitkommunikation durchführen, wodurch ebenfalls die Zeitdauer

er eines Übertragungszyklus verändert werden kann. Die absolute Zeitdauer eines Übertragungszyklus ist ein Maß für den zeitlichen Anteil, bzw. die Bandbreite der nicht echtzeitkritischen Kommunikation während eines Übertragungszyklus, also die Zeit, die für die nicht echtzeitkritische Kommunikation zur Verfügung steht. So hat die nicht echtzeitkritische Kommunikation beispielsweise bei einer Zeitdauer der echtzeitkritischen Kommunikation von $350\mu\text{s}$ und einem Übertragungszyklus von $500\mu\text{s}$ eine Bandbreite von 30%, bei 10ms eine Bandbreite von 97%. Im ersten Bereich, der zur Übertragung echtzeitkritischer Daten vorgesehen ist, ist vor dem Senden der eigentlichen echtzeitkritischen Datentelegramme eine gewisse Zeitdauer zum Senden von Datentelegrammen zur Organisation der Datenübertragung reserviert. Die Datentelegramme zur Organisation der Datenübertragung enthalten beispielsweise Daten zur Zeitsynchronisation der Teilnehmer und Koppereinheiten des Datennetzes und/oder Daten zur Topologieerkennung des Netzwerks. Nachdem diese Datentelegramme gesendet wurden, werden die echtzeitkritischen Datentelegramme gesendet. Da die Echtzeitkommunikation durch den zyklischen Betrieb im Voraus planbar ist, sind für alle zu übertragenden, echtzeitkritischen Datentelegramme eines die Sendezeitpunkte bzw. die Zeitpunkte für die Weiterleitung der echtzeitkritischen Datentelegramme vor Beginn der Datenübertragung bekannt, d.h. die Zeitdauer des Bereichs zur Übertragung von nicht echtzeitkritischen Daten ist automatisch durch die Zeitdauer des Bereichs zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten festgelegt. Vorteil dieser Anordnung ist, dass jeweils nur die notwendige Übertragungszeit für den echtzeitkritischen Datenverkehr verwendet wird und nach dessen Beendigung die restliche Zeit automatisch für die nicht echtzeitkritische Kommunikation, beispielsweise für die nicht planbare Internetkommunikation bzw. andere nicht echtzeitkritische Anwendungen zur Verfügung steht. Besonders vorteilhaft ist, dass die Zeitdauer des Bereichs zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten jeweils durch die verbindungspezifisch zu übertragenden Daten bestimmt wird, d.h., die Zeitdauer der beiden Bereiche wird

für jede einzelne Datenverbindung durch die jeweils notwendige Datenmenge der zu übertragenden echtzeitkritischen Daten bestimmt, wodurch die zeitliche Aufteilung der beiden Bereiche für jede einzelne Datenverbindung für jeden Übertragungszyklus verschieden sein kann. Es wird jeweils nur die notwendige Übertragungszeit für den echtzeitkritischen Datenverkehr verwendet und die restliche Zeit eines Übertragungszyklus steht automatisch für die nicht echtzeitkritische Kommunikation, beispielsweise für die nicht planbare Internetkommunikation bzw. andere nicht echtzeitkritische Anwendungen für alle Teilnehmer des schaltbaren Datennetzes zur Verfügung. Da die Echtzeitkommunikation im Voraus entsprechend so geplant ist, dass das Ankommen der echtzeitkritischen Datentelegramme in den entsprechenden Koppereinheiten so geplant ist, dass die betrachteten, echtzeitkritischen Datentelegramme spätestens zum Weiterleitungszeitpunkt oder früher bei den entsprechenden Koppereinheiten ankommen, können die echtzeitkritischen Datentelegramme ohne zeitlichen Zwischenraum gesendet bzw. weitergeleitet werden, so dass durch das dicht gepackte Senden, bzw. Weiterleiten, die zur Verfügung stehende Zeitdauer bestmöglich genutzt wird. Selbstverständlich ist es aber auch möglich, bei Bedarf Sendepausen zwischen der Übertragung der einzelnen Datentelegramme einzubauen.

Die prinzipielle Arbeitsweise in einem geschalteten Netzwerk wird stellvertretend für ein beliebiges Netzwerk beispielhaft anhand von zwei Teilnehmern, beispielsweise einem Antrieb und einem Steuerrechner, mit jeweils integrierten Koppereinheiten und einem weiteren Teilnehmer ohne Koppereinheit, die durch Datenverbindungen miteinander verbunden sind, folgendermaßen erläutert. Die Koppereinheiten besitzen jeweils lokale Speicher, die über interne Schnittstellen mit den Teilnehmern verbunden sind. Über die Schnittstellen tauschen die Teilnehmer Daten mit den entsprechenden Koppereinheiten aus. Die lokalen Speicher sind innerhalb der Koppereinheiten über die Datenverbindungen mit den Steuerwerken verbunden. Die Steuerwerke empfangen Daten bzw. leiten Daten weiter über die in-

ternen Datenverbindungen von bzw. zu den lokalen Speichern oder über eine oder mehrere der externen Ports. Durch Anwendung des Verfahrens der Zeitsynchronisation haben die Koppel-

5 Teilnehmer echtzeitkritische Daten, so werden diese zum vorausgeplanten Zeitpunkt während des Bereichs für die echtzeitkritische Kommunikation über die entsprechende Schnittstelle und den lokalen Speicher vom entsprechenden Steuerwerk abgeholt und von dort über den vorgesehenen externen Port zur

10 nächsten verbundenen Koppelunit gesendet. Sendet ein anderer Teilnehmer zur gleichen Zeit, also während der echtzeitkritischen Kommunikation, nicht echtzeitkritische Daten, beispielsweise für eine Internetabfrage so werden diese vom

15 Steuerwerk über den externen Port empfangen und über eine interne Verbindung an den lokalen Speicher weitergeleitet und dort zwischengespeichert. Von dort werden sie erst im Bereich für die nicht echtzeitkritische Kommunikation wieder abgeholt und an den Empfänger weitergeleitet, d.h. sie werden in den

20 zweiten Bereich des Übertragungszyklus, der für die spontane, nicht echtzeitkritische Kommunikation vorbehalten ist, verschoben, wodurch Störungen der Echtzeitkommunikation ausgeschlossen werden. Für den Fall, dass nicht alle zwischengespeicherten, nicht echtzeitkritischen Daten während des, für die Übertragung der nicht echtzeitkritischen Daten vorgesehenen Bereichs eines Übertragungszyklus übertragen werden können, werden sie im lokalen Speicher der entsprechenden Koppelunit solange zwischengespeichert, bis sie während eines, für die Übertragung der nicht echtzeitkritischen Daten vorgesehenen Bereichs eines späteren Übertragungszyklus übertragen werden können, wodurch Störungen der Echtzeitkommunikation in jedem Fall ausgeschlossen werden.

25 Die echtzeitkritischen Datentelegramme, die über entsprechende Datenverbindungen über die externen Ports beim Steuerwerk der zugehörigen Koppelunit eintreffen, werden unmittelbar

30 über die entsprechenden externen Ports weitergeleitet. Dies ist möglich, da die Echtzeitkommunikation im Voraus geplant ist und deshalb für alle zu übertragenden, echtzeitkritischen

35

Datentelegramme Sende- und Empfangszeitpunkt, alle jeweils beteiligten Koppereinheiten sowie alle Zeitpunkte für die Weiterleitung und alle Empfänger der echtzeitkritischen Datentelegramme bekannt sind. Durch die im Voraus erfolgte Planung der Echtzeitkommunikation ist auch sichergestellt, dass es auf den Datenverbindungen zu keinen Datenkollisionen kommt. Die Weiterleitungszeitpunkte aller echtzeitkritischen Datenpakete von den jeweils beteiligten Koppereinheiten sind ebenfalls vorher geplant und damit eindeutig festgelegt. Das Ankommen der echtzeitkritischen Datentelegrammen ist deshalb so geplant, dass die betrachteten, echtzeitkritischen Datentelegramme spätestens zum Weiterleitungszeitpunkt oder früher im Steuerwerk der entsprechenden Koppereinheit ankommen. Damit ist das Problem von Zeitunschärfen, die sich insbesondere bei langen Übertragungsketten bemerkbar machen, eliminiert. Wie oben ausgeführt ist folglich ein gleichzeitiger Betrieb von echtzeitkritischer und nicht echtzeitkritischer Kommunikation im selben schaltbaren Datennetz, sowie ein beliebiger Anschluss von zusätzlichen Teilnehmern an das schaltbare Datennetz möglich, ohne die Echtzeitkommunikation selbst störend zu beeinflussen.

Mit dem in der deutschen Patentanmeldung DE 100 58 524.8 beschriebenen Verfahren ist es möglich, Ethernet-basierte Kommunikationsnetze, insbesondere isochrone Ethernet-basierte Kommunikationsnetze aufzubauen, deren Teilnehmer sehr hochfrequent Datensätze austauschen und dem Anwender zur Verfügung zu stellen. Durch die Hardwareunterstützung ist dabei an der Anwenderschnittstelle ein Durchsatz möglich, der mit dem maximal möglichen Telegrammaufkommen der angeschlossenen Verbindungen Schritt halten kann. Zum Beispiel bei 4 angeschlossenen 100 Mbit Vollduplexverbindungen und Frames von 64 Bytes Länge ca. 1 000 000 Telegramme/s. Im Gegensatz dazu ist der Durchsatz von Software-/Kommunikationsstack-basierten Anwenderschnittstellen für spontane Kommunikation um mindestens 2 Größenordnungen kleiner.

Diese hohen Durchsatzraten sind aber nur für isochrone zyklische Kommunikation verfügbar, bei der auch auf der Empfangsseite vorausgeplante Empfangszeitpunkte von Telegrammen exakt eingehalten werden. Dies bedeutet, dass die Telegrammübertragung ausschließlich durch ein Netz erfolgen kann, dass das in der deutschen Patentanmeldung DE 100 58 524.8 beschriebene Verfahren der zeitbasierten Durchschaltung beherrscht. Eine hochperformante Anwenderschnittstelle die auch mit existierenden Netzen mit adressbasierter Durchschaltung zusammenarbeiten kann, ist aber höchst wünschenswert. Die im folgenden beschriebene Vorkehrung ermöglicht dies.

Eine hochperformante Anwender-Schnittstelle wird realisiert durch vorgefertigte Transfer-Kontrollstrukturen für das Senden, die

- die zu transferierenden Nutzdatensätze beschreiben,
- die fehlende Headerinformation *on the fly*, also unmittelbar, zu den Nutzdaten dazufügen und so zeitaufwendige Kopieraktionen vermeiden.
- in Listen gefädelt sind, damit mit einer Aktivierung ein ganzer Satz von Nutzdaten-Telegrammen transferiert werden kann.

Für den Empfang gibt es ebenfalls einen Satz von vorgefertigten Transfer-Kontrollstrukturen, die

- durch das empfangene Telegramm wahlfrei adressiert (aufgefunden) werden,
- die Headerinformation *on the fly*, also unmittelbar, entfernt und nur die Nutzdaten in die jeweils spezifizierten Bereiche überträgt.

Mit der wahlfreien Adressierung einer Transfer-Kontrollstruktur durch das ankommende Telegramm, wird keine bestimmte Ankunftsreihenfolge von Telegrammen mehr vorausgesetzt. Zeitlich synchronisierte Teilnehmer bzw. Switches mit einem vom Verkehrsaufkommen unabhängigen Durchschalteverhal-

ten sind damit nicht mehr erforderlich. Es können existierende Netze verwendet werden.

Damit jetzt existierende Kommunikation nicht beeinflusst wird und alle derzeitig erzeugten Telegramme auch über die jetzigen Benutzerschnittstellen empfangen werden, gilt die oben
5 genannte Benutzerschnittstelle ausschließlich für eine neue, reservierte Telegramm-Typkennung.

Eine Transfer-Kontrollstruktur für ein Telegramm spezifiziert
10 auf der Sendeseite insbesondere

- den Nutzdatenbereich (Adresse, Länge) an der Anwenderschnittstelle
- die MAC-Zieladresse
- eine Telegramm-ID. Diese wird wie die andere Headerinformation auch *on the fly* den Nutzdaten des Telegramms vorangestellt.
15
- eine VLAN-Tag (Virtual Local Area Network- Identifizierungsmarke)(optional). Damit können solche Telegramme mit wählbarer Priorität versendet werden.

20 Alle in einer Liste gefädelten Kontrollstrukturen werden aufgrund eines einzigen Anstoßes sequentiell abgearbeitet. Der Anstoß kann dabei entweder

- durch ein HW-Signal z.B. durch einen Zyklusinterrupt automatisch immer wieder erfolgen oder
25
- nur einmalig per SW-Befehl erfolgen.

Für jede Anstoßart können dabei getrennte Listen existieren

Darüber hinaus kann eine solche Liste von Transfer-Kontrollstrukturen durch Steuerelemente untergliedert werden,
30 um insbesondere für den zyklischen Fall einzelne Abschnitte dieser Liste bedingt abzuarbeiten. Damit können

- zur Begrenzung der notwendigen Bandbreite die gesamte Menge der zu sendenden Datensätze auf mehrere Kommunikationszyklen aufgeteilt werden und
35
 - unterschiedliche Transferzyklen realisiert werden
- Siehe dazu Figur 1.

Die Transfer-Kontrollstruktur auf der Empfangseite enthält die gleichen Informationen, insbesondere auch

- Telegramm-ID und
- MAC-Adresse

5 Sie werden aber unterschiedlich verwendet.

Ein parametrierbarer Bereich (der Index) der im ankommenden Telegramm enthaltenen Telegramm-ID wird zur Indizierung in eine Tabelle verwendet. Der damit adressierte Tabelleneintrag verweist auf die gefädelt

10 Kontrollstrukturen, deren Telegramm-ID einen identischen Index besitzen. Die zu einem Telegramm gehörende Transfer-Kontrollstruktur wird durch einen Vergleich

- der Telegramm-ID und optional
- der MAC-Source-Adresse

15 des ankommenden Telegramms mit den Werten in der Transfer-Kontrollstruktur ermittelt. Siehe dazu Figur 2.

Durch die (optionale) Einbeziehung der MAC-Adresse wird die Telegramm-ID Source-spezifisch. Der Indexbereich kann so groß
20 werden wie die Telegramm-ID. Damit kann je nach Bedarf auf Geschwindigkeit oder minimalen Speicherplatz für die Tabelle optimiert werden.

25 Zusammengefasst handelt es sich bei der offenbarten Erfindung um ein System und Verfahren zur hochperformanten Datenkommunikation in Kommunikationssystemen mit wenigstens zwei Teilnehmern, insbesondere Real-time Ethernet und/oder Ethernet, wobei

30 beim Senden und Empfangen von Datentelegrammen jeweils vorgefertigte Kontrollstrukturen verwendet werden, wobei die Kontrollstrukturen beim Senden die in den Datentelegrammen enthaltenen, zu transferierenden Daten beschreiben und den Daten notwendige Identifizierungsinformationen unmittelbar hinzufügen und beim Empfangen die Identifizierungsinformationen unmittelbar wieder entfernen und die Daten in die jeweils spezifizierten Bereiche übertragen,

35

mehrere dieser Kontrollstrukturen zu einer Liste zusammengefasst sind, die jeweils in einem Durchlauf bearbeitet werden können,

bei den verschiedenen Teilnehmern jeweils individuell unterschiedliche Kontrollstrukturen vorhanden sein können,
5 für unterschiedliche Aktivierungsereignisse unterschiedliche Listen existieren können,

durch in die Listen einfügbare Steueranweisungen bei jedem Durchlauf unterschiedliche Abschnitte der Liste bearbeitet
10 werden können.

Von besonderem Vorteil ist es darüber hinaus, dass die offenbarten Verfahren in Automatisierungssystemen, insbesondere bei und in Verpackungsmaschinen, Pressen, Kunststoffspritzmaschinen, Textilmaschinen, Druckmaschinen, Werkzeugmaschinen,
15 Robotor, Handlingssystemen, Holzverarbeitungsmaschinen, Glasverarbeitungsmaschinen, Keramikverarbeitungsmaschinen sowie Hebezeugen eingesetzt bzw. verwendet werden können.

Im Weiteren werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung mit Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Die Figuren stellen jeweils beispielhafte Implementierungen dar. Die offenbarten Prinzipien gelten selbstverständlich auch für alle möglichen anderen Konfigurationen bzw. Anordnungen bzw.
25 Wertebereiche. So kann es beispielsweise unter anderem mehrere Sende/Empfangssteuerwerke für unterschiedliche Übertragungs- bzw. Transferzyklen geben. Es zeigen:

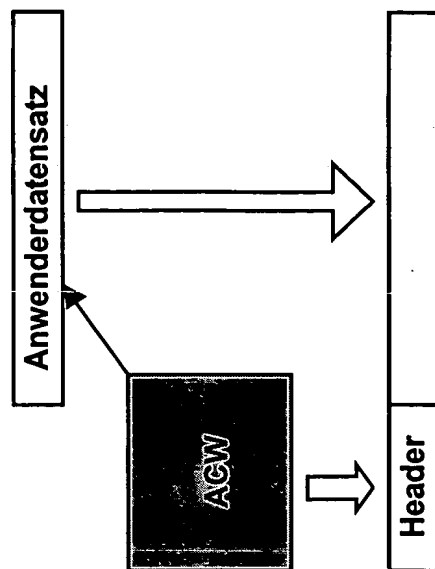
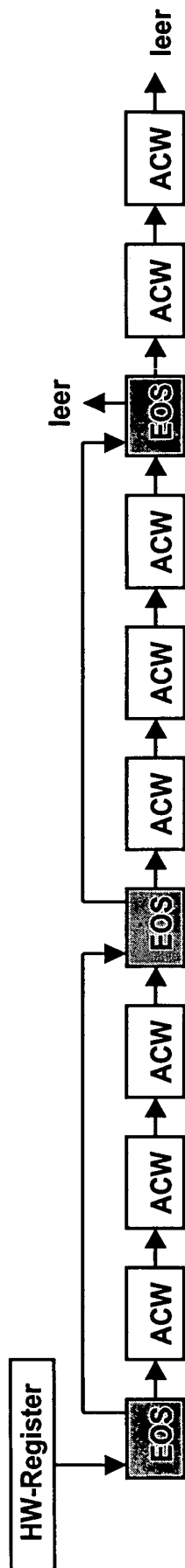
Fig. 1: Eine Prinzipdarstellung zur Abarbeitung von Transfer-
30 Kontrollstrukturen und

Fig. 2: eine Prinzipdarstellung zum Empfang von Datentelegrammen

Patentansprüche

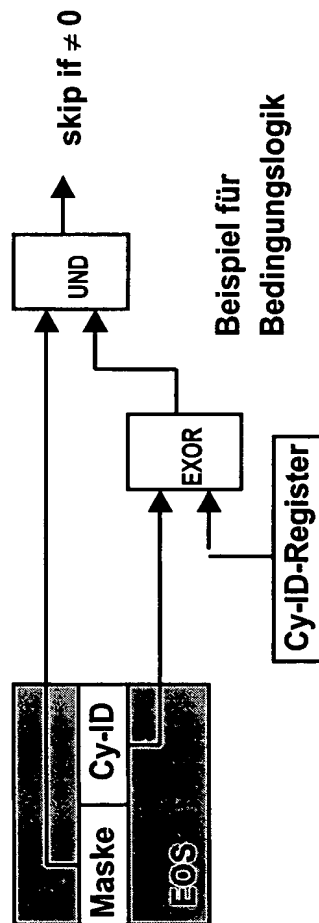
1. Verfahren zur hochperformanten Datenkommunikation in Kommunikationssystemen mit wenigstens zwei Teilnehmern, insbesondere Real-time Ethernet und/oder Ethernet,
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
 dass beim Senden und Empfangen von Datentelegrammen jeweils mindestens ein oder mehrere vorgefertigte Kontrollstrukturen verwendet werden, wobei die Kontrollstrukturen beim Senden
10 die zu transferierenden Daten beschreiben und den Daten notwendige Identifizierungsinformationen unmittelbar hinzufügen und beim Empfangen die Identifizierungsinformationen unmittelbar wieder entfernen und die Daten in die jeweils spezifizierten Bereiche übertragen.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
 dass mehrere dieser Kontrollstrukturen zu einer Liste zusammengefasst sind, die jeweils in einem Durchlauf bearbeitet
20 werden können.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
 dass für unterschiedliche Aktivierungsereignisse ein oder
25 mehrere unterschiedliche Listen existieren können.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
 dass durch ein oder mehrere in eine Liste einfügbare Steueranweisungen bei jedem Durchlauf ein oder mehrere unterschiedliche Abschnitte der Liste bearbeitet werden können
30
5. System zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4.

Figur 1: Prinzipdarstellung zur Abarbeitung von Transfer-Kontrollstrukturen hier ACW genannt

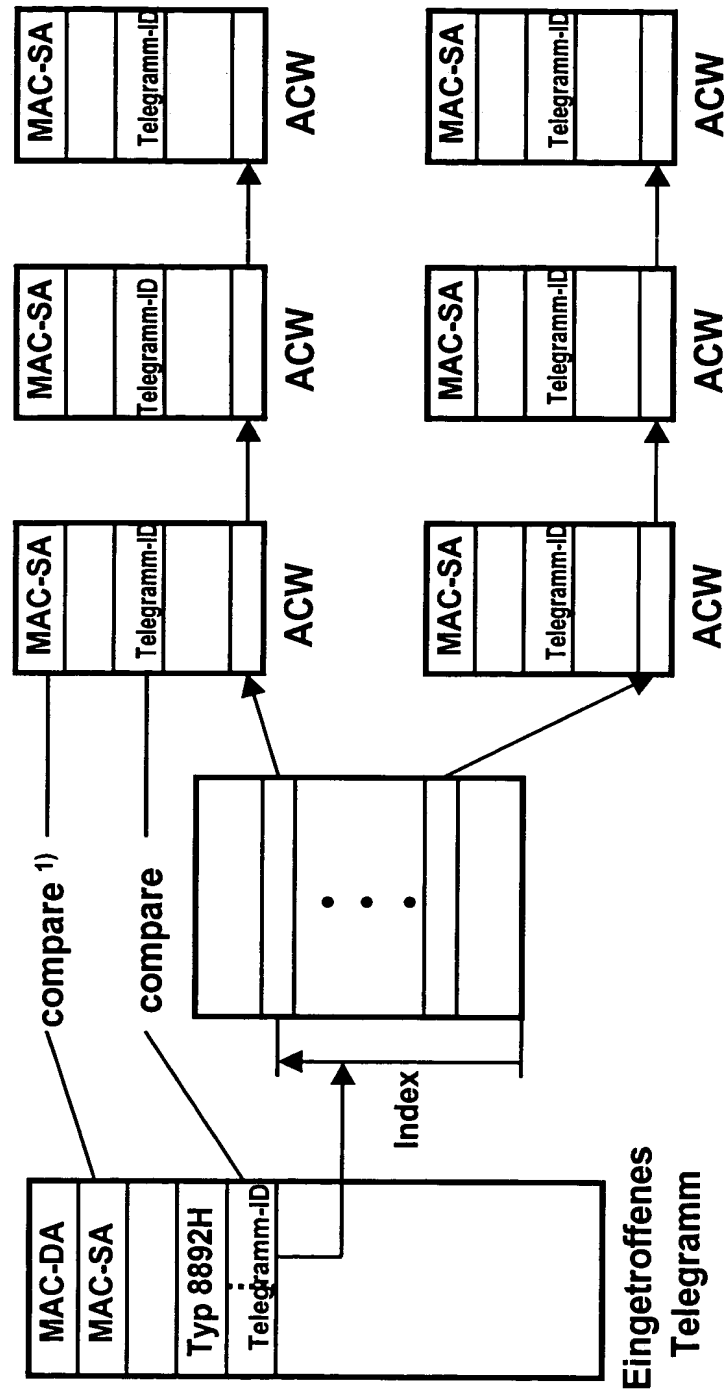


ACW (application frame control word): Die Transfer-Kontrollstruktur

EOS (end of segment): Die Steuerelemente (bedingte Sprünge)



Figur 2: Prinzipdarstellung zum Empfang von Datentelegrammen



1) Nur wenn MAC-SA Überprüfung eingeschaltet (ACW-Bit)